

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
ФАКУЛЬТЕТ ЕЛЕКТРОНІКИ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОННИХ ПРИЛАДІВ ТА ПРИСТРОЇВ

«На правах рукопису»

УДК 535.214

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Писаренко Л.Д. _____

(підпис) (ініціали, прізвище)

“ ____ ” _____ 2018 р.

Магістерська дисертація

Зі спеціальності (спеціалізації) 171 “Електроніка”

на тему:

Виконала: студентка VI курсу, групи ДЕ-з71мп

Девіс-Шилова Карина Сафіят Абімбола

(прізвище, ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

Науковий керівник зав. каф. ЕПП проф. Писаренко Л. Д.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Консультант _____

(назва розділу)

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

Нормоконтроль к.т.н. доцент Чадюк Вячеслав Олексійович

(назва розділу)

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

Рецензент _____

(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент _____

(підпис)

Київ – 2018 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»
Факультет електроніки
Кафедра електронних приладів та пристроїв

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною (освітньо-науковою) програмою

Спеціальність (спеціалізація) 171 “Електроніка”
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Писаренко Л. Д.
(підпис) (ініціали, прізвище)

«__» _____ 2018р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студентці

Девіс-Шиловій Карині Сафіят Абімбола

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації Мікроконтролерна система керування гарячим водопостачанням з альтернативними джерелами енергії

науковий керівник дисертації проф. Писаренко Леонід Дмитрович

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «07» листопада 2018 р. № 4115-с

2. Строк подання студентом дисертації: 05.12.2018р.

3. Об'єкт дослідження: Мікроконтролерна система керування гарячим водопостачанням з альтернативними джерелами енергії

4. Предмет дослідження (Вихідні дані – для магістерської дисертації за освітньо-професійною програмою: Температура води в контурі гарячого водо забезпечення від 30° С до 70 ° С. Температура повітря в приміщенні від 18° С до 55° С. Температура ґрунту від 0° С до 25 ° С. Живлення від міської мережі 220 В або 380 В.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити: Розробити систему гарячого водо забезпечення на альтернативних джерелах енергії.

6. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу _____

7. Дата видачі завдання 15.10.2017 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Збір та вивчення джерел інформації для написання дипломної роботи; складання бібліографії наукових джерел	20.02.2018	
2	Складання плану дипломної роботи	10.03.2018	
3	Підготовка та написання першого Розділу	18.05.2018	
4	Підготовка та написання другого Розділу	12.08.2018	
5	Підготовка та написання третього розділу	05.10.2018	
6	Написання анотації, вступу та Висновків	01.11.2018	
7	Оформлення дипломної роботи	25.11.2018	
8	Подача роботи на перевірку	05.12.2018	
9	Захист дипломної роботи	21.12.2018	

Студентка

(підпис)

(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

прізвище)

(підпис)

(ініціали,

[illegible]

**Пояснювальна записка
до магістерської дисертації**

на тему : Мікроконтролерна система керування гарячим
водопостачанням з альтернативними джерелами енергії

Київ – 2018

РЕФЕРАТ

Мікроконтролерна система керування гарячим водопостачанням з альтернативними джерелами енергії

Магістерська робота освітньо-кваліфікаційного рівня «Спеціаліст» спеціальності 171- Електроніка, спеціалізація – Електронні прилади та пристрої. **Девіс-Шилова Карина Сафіят Абімбола**. КПІ ім. Ігоря Сікорського. Факультет електроніки, кафедра «Електронні прилади та пристрої». Група ДЕ-з71мп. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 84 ст., 14 іл. 3 , табл. .

Ключові слова: ГВд – Гаряче водопостачання ; МС – Мікроконтролерна система; АДЕ – альтернативні джерела енергії.

Короткий зміст роботи: В магістерській роботі представлено огляд науково-технічної літератури по різновидам альтернативних джерел енергії для впровадження в мікроконтролерну систему гарячого водопостачання приміщення. Вказані перспективи використання даних джерел у побутових та промислових масштабах.

Виконано аналіз найефективніших джерел альтернативної енергії, приведені усі плюси і мінуси встановлення й користування даними пристроями для забезпечення гарячого водопостачання. Підібрано елементарну базу для реалізації електричної схеми, з урахуванням найбільш ефективних, і в той самий час – рентабельних компонентів проекту. Розроблено принципову схему й розраховано основні блоки мікроконтролерної системи.

АНОТАЦІЯ

Дисертація містить основну частину на __ аркушах, __ ілюстрацій.

Використання альтернативних джерел енергії для мікроконтролерних систем гарячого водозабезпечення є перспективним напрямком розвитку автоматизованих «розумного» структур управління будівель житлового і промислового типу. Нові альтернативні джерела енергії стають все більш популярними та отримують прихильність споживачів, які долучають їх до опалювальних систем та систем гарячого водозабезпечення, оскільки витрати на енергоносії продовжують зростати.

Метою дисертаційної роботи є ознайомлення з ринком альтернативних джерел енергії, та способами їх впровадження до мікроконтролерної системи; аргументне обґрунтування всіх негативних та позитивних аспектів розроблюваної системи, побудова структурної схеми пристрою, вибір найбільш ефективних та актуальних компонентів для елементної бази системи. Розробка й розрахунок принципової схеми мікр оконтролерної системи гарячого водопостачання з використанням альтернативних джерел енергії, за допомогою редактору Schemagee.

SUMMARY

Dissertation contains the main part on __ pages, ____ illustrations.

The use of alternative energy sources for microcap fuel systems for hot water supply is a promising direction for the development of automated "smart" structures for managing residential and industrial buildings. New alternative energy sources are becoming increasingly popular and attractive to consumers who connect them to heating systems and hot water supply systems, as energy costs continue to rise.

The purpose of the dissertation is to get acquainted with the market of alternative energy sources, and ways of their introduction into the microcontroller system; the argumentation of all the negative and positive aspects of the system being developed, the construction of the structural scheme of the device, the choice of the most effective and relevant components for the elemental framework of the system. Development and calculation of the principle scheme of microcontroller system of hot water supply using alternative energy sources, with the help of the Schemagee package.

ПЕРЕЛІК ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

ВДЕ – відновлювальні джерела енергії

ВТК – вакуумований трубчастий колектор

ПК – плоский колектор

ГВд – гаряче водопостачання

МкС – мікроконтролерна система

АДЕ – альтернативні джерела енергії

ЗМІСТ

ВСТУП	
1 Огляд літератури з мікроконтрольних систем керування ГВд з альтернативними джерелами енергії	
1.1. Сонячні колектори	
1.2. Теплові насоси	
1.3. Основні відомості про мікроконтролери	
1.4. Загальні відомості про триходові клапани	
Висновок до розділу 1	
2. Розробка електронної схеми системи	
2.1. Розробка структурної схеми системи	
2.2. Розробка блок-схеми МК пристрою керування	
2.3 Розробка принципової схеми системи	
2.3.1. Вибір елементної бази	
2.3.2. Опис принципової схеми .	
Висновок до розділу 2	
3. Розрахункова частина	
Висновок до розділу 3	
4. Пропозиції до стартапу	
Висновок до розділу 4	
ВИСНОВКИ	
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	

ВСТУП

На сьогоднішній день, у суспільстві виникло важливе питання, з приводу підвищення рівня ефективності систем енергопостачання і життєздатності споруджень, що дало змогу людству звернути увагу на проблеми впровадження альтернативних джерел енергії (АДЕ).

Нові альтернативні джерела енергії стають все більш популярними та отримують прихильність споживачів, які долучають їх до опалювальних систем та систем гарячого водозабезпечення, оскільки витрати на енергоносії продовжують зростати.. Незважаючи на те, що багато систем оцінюються за межами досяжності більшості домовласників, нові технології створені для живлення окремих ділянок будівель, це можуть бути як промислові так і житлові приміщення. Ці альтернативні джерела енергії допомагають компенсувати кількість невідновлюваної енергії, споживаної спорудою.

Енергетика через використання альтернативних джерел енергії є чистою та "зеленою". Якщо людство зробить великий крок на зустріч новітнім технологіям й перейде до використання електроенергії, виробленої з цих невичерпних природніх джерел, то кількість викидів двоокису вуглецю із звичайних джерел енергії буде значно скорочено, а проблема глобального потепління буде вирішена через декілька років. Також можна зберегти традиційні енергоносії, що швидко виснажуються. Окрім забруднення повітря, використання традиційних енергетичних ресурсів також спричиняє забруднення ґрунту та забруднення води шляхом викиду різних токсинів на землю та воду.

1 ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ ПО АЛЬТЕРНАТИВНИМ ДЖЕРЕЛАМ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ МІКРОКОНТРОЛЕРНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ГАРЯЧИМ ВОДОПОСТАЧАННЯМ.

У даному розділі розглянемо основні види використання джерел альтернативної енергії, які можна долучити до автоматизованої мікроконтролерної системи гарячого водозабезпечення.

1.1. Сонячні колектори

Використання сонячної енергії для теплопостачання - є одним з найбільш перспективних напрямків використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ). Сонячні водонагрівальні установки мають найменший термін окупності з усіх видів ВДЕ. Вони технічно нескладні і забезпечують хороші екологічні показники. Сонячне тепло-водопостачання сьогодні - не міф, а вже досить поширене явище.

До позитивних рис сонячних колекторів відносяться:

- Використання безкоштовної енергії сонячного випромінювання;
- Дозволяє у декілька раз скоротити витрати на опалення у поєднанні з традиційними пристроями обігріву.

До негативних рис сонячних колекторів відносяться:

- Залежність від погодних умов;
- Вартість установки.

На даний момент, для сучасних користувачів актуальними є два типи сонячних колекторів:

- Плоскі колектори.
- Вакуумовані трубчасті колектори.

Плоскі колектори

Плоский сонячний колектор - це теплообмінник, який перетворює сонячну енергію на теплову, використовуючи відомий парниковий ефект. Він збирає або фіксує сонячну енергію та використовує цю енергію для підігріву води в приміщенні. Для більшості житлових та малих комерційних додатків для гарячого водопостачання, сонячний колектор з плоскими пластинами, як правило, є більш економічним завдяки їх простому дизайну, низькій вартості та відносно легкій установці в порівнянні з іншими формами систем гарячого водопостачання. Крім того, сонячні колектори з плоских пластин більш ніж здатні доставити необхідну кількість гарячої води при необхідній температурі.

Сонячний колектор із плоскими пластинами, як правило, складається з великої теплопоглинаючої пластини, зазвичай великого аркуша міді або алюмінію, оскільки вони є одночасно гарними провідниками тепла, які пофарбовані або хімічно витравлені чорним кольором, щоб поглинути якомога більше сонячної радіації і максимально підвищити його ефективність. Ця поглинаюча поверхню має декілька паралельних мідних труб або трубок, що називаються вертикальними. Вони проходять вздовж пластини і містять у собі рідину для теплопередачі, як правило, воду.

Ці мідні труби зв'язані або припаяні безпосередньо до поглинаючої пластини для забезпечення теплопередачі та максимального контакту з поверхнею. Сонячне світло нагріває поглинаючу поверхню, температура якої підвищується. Оскільки пластина стає гарячою, це тепло відбивається через стояки і поглинається рідиною, що протікає всередині мідних труб.

Труби та поглинаюча пластина укладені в ізольовану металеву або дерев'яну коробку з листом склопакету, або склом, або пластиком попереду, для захисту вкладеної пластини поглинач та створення ізолюючого повітряного простору. Цей скляний матеріал не поглинає теплову енергію сонця в значній мірі і, отже, більша частина вхідного випромінювання отримує потемнілий поглинач.

Оскільки пластина поглинач нагрівається, вона передає тепло на рідину всередині колектора, але також втрачає тепло в навколишню середу. Щоб звести до мінімуму цю втрату тепла, дно та сторони пластини плоского колектора покривають ізолюючим шаром високотемпературної, жорсткої піни або алюмінієвою фольгою. Плоскі колектори можуть нагрівати рідину всередині, використовуючи прямі або непрямі сонячні промені з широкого спектру сонячного випромінювання. Вони також функціонують у дифузному світлі, яке панує в хмарні дні, оскільки це, навпаки, поглинається навколишнє тепло, а не світло, на відміну від фотоелектричних елементів. Наскільки гарячою водою потрапляє циркуляційна вода, це залежить в основному від пори року, кількості днів з підвищеною хмарністю і від швидкості протікання води через колекторні труби.

Вакуумовані трубчасті колектори

Вакуумований трубчастий колектор складається з ряду паралельних прозорих скляних трубок, з'єднаних між собою. Ці скляні трубки мають циліндричну форму. Тому кут сонячного світла завжди перпендикуляр до труб, які поглинають тепло, що дозволяє цим колекторам добре працювати навіть при слабкому сонячному освітленні, наприклад, рано вранці, в кінці дня, або при затіненні хмарами. Вакуумовані трубчасті колектори (ВТК) особливо корисні в районах з холодною, хмарною погодою.

Вакуумовані трубчасті колектори складені з одного або декількох рядів паралельних прозорих скляних трубок, які підтримуються на рамі. Кожна індивідуальна трубка коливається в діаметрі від 1 "(25 мм) до 3" (75 мм) і від 5 '(1500 мм) до 8' (2400 мм) довжини в залежності від виробника. Кожна трубка складається з товстої скляної зовнішньої трубки та тонкої скляної внутрішньої трубки (називається

"подвійною скляною трубкою") або термоколби, яка покрита спеціальним покриттям, яке поглинає сонячну енергію, але гальмує втрати тепла. Трубки виготовлені зі скла, з високим рівнем міцності, стійкості до високих температур і великою пропускну здатністю для сонячного опромінення.

На відміну від плоских колекторів, вакуумовані трубчасті колектори не нагрівають воду безпосередньо в трубах. Замість цього повітря видаляється з простору між двома трубками, утворюючи вакуум (звідси і названі вакуумовані трубки). Цей вакуум діє як ізолятор, який значно знижує втрати тепла в навколишній атмосфері через конvekцію або випромінювання, що робить колектор набагато ефективнішим, ніж внутрішня ізоляція, яку можуть запропонувати пластини плоских сонячних колекторів. За допомогою цього вакууму, вакуумовані трубчасті колектори, як правило, виробляють вищу температуру рідини, ніж їх плоскі аналоги, так що вони можуть стати дуже спекотними влітку.

Всередині кожної скляної трубки плоский або вигнутий, алюмінієвий або мідний плавник прикріплений до металевої теплової трубки, що проходить через внутрішню трубку. Плавець покритий селективним шаром, який переносить тепло на рідину, що циркулює по трубці. Ця опечатана мідна теплова труба переносить сонячне тепло через конvekцію внутрішньої рідини теплопередачі до "гарячої лампочки", яка побічно нагріває мідний колектор всередині резервуару. Ці всі мідні труби з'єднані з загальним колектором, який потім підключений до резервуару для зберігання, таким чином нагріваючи гарячу воду протягом дня. Гаряча вода може бути використана вночі або на наступний день через ізоляційні властивості резервуара.

Ізоляційні властивості вакууму настільки значні, що при температурі внутрішньої трубки 150 ° C, зовнішня трубка набагато холодніша на дотик. Це означає, що вакуумовані трубчасті водонагрівачі можуть добре працювати і можуть нагрівати воду до досить високих температур навіть у холодну погоду, тоді як працездатність плоских колекторних знижується через втрати тепла.

Проте недолік полягає в тому, що вони можуть бути набагато дорожчими порівняно із аналогами. Вакуумовані трубчасті сонячні колектори вдало знаходять своє застосування у системах комерційних та промислових нагрівачів для забезпечення гарячого водопостачання, та можуть бути ефективною альтернативою плоским сонячним колекторам для опалення приміщень, особливо у районах з великим відсотком хмарності.

Вакуумовані трубчасті колектори загалом більш сучасні та більш ефективні в порівнянні зі стандартними колекторами з плоскими пластинами, оскільки вони можуть витягнути тепло з повітря в вологий, похмурий день і для роботи не потребують прямого сонячного світла. Завдяки вакууму всередині скляної трубки даний тип колекторів має високий рівень продуктивності, навіть якщо сонце не знаходиться під оптимальним кутом.

1.2 Теплові насоси

Тепловий насос – пристрій, який має здатність переносити теплову енергію від теплоносія з низьким температурним потенціалом до теплоносія із вищими температурними показниками. Серед різних типів теплових насосів, які були розроблені, механічний тепловий насос є найбільш популярним. Принцип дії його полягає в стискуванні та розширенні робочої рідини або так званого "холодоагенту". Тепловий насос має чотири основні компоненти: випарник, компресор, конденсатор та розширювальний пристрій. Хладагент є робочою рідиною, яка проходить через всі ці компоненти. У випарнику тепло витягується з джерела відпрацьованого тепла. У конденсаторі це тепло поставляється споживачеві при більш високому рівні температури.. Ефективність теплового насоса визначає його коефіцієнт продуктивності, який визначається як відношення загального теплового потоку, що подається тепловому насосу, до кількості електричного струму, необхідного для керування тепловим насосом.

Термодинамічний цикл

Принцип роботи теплового насоса ґрунтується на фізичній властивості, при якій температура кипіння рідини зростає з ростом тиску. При низькому тиску і температурі аміак випаровується у випарнику. Енергія, необхідна для цього, забезпечується потоком відпрацьованого тепла. Компресор збільшує тиск парів аміаку. Потім пари конденсуються при високому тиску і температурі усередині конденсатора. Під час конденсації аміаку виділяється тепло: корисне джерело енергії. Рідкий аміак транспортується до розширювального пристрою, що знижує тиск.

Холодоагенти

Для великомасштабних промислових застосувань, аміак є найбільш влучним холодоагентом для теплових насосів, які забезпечують нагрівання до температури 90°C. Аміак вважається одним з найефективніших холодоагентів. Однак його використання передбачає певні заходи безпеки. Тому аміак, в основному, використовується для великих промислових об'єктів. Вибір холодоагенту для певного застосування визначається температурним діапазоном його термодинамічного циклу та розміром необхідної установки. Холодоагенти можна розділити на дві групи: природні холодоагенти (бутан, аміак, CO₂) та синтетичні холодоагенти (R134A, R407C, R410A). Для комерційних застосувань синтетичні холодоагенти переважають над природними. Недоліком синтетичних холодоагентів є їхній значний внесок у парниковий ефект у разі витоку. Негативний вплив синтетичних холодоагентів, наприклад, у 1300-2100 разів вище, ніж CO₂.

Типи теплових насосів

Механічний тепловий насос - це найпоширеніший і комерційно здійснений тепловий насос. Принцип дії якого полягає в тому, що тиск холодоагента збільшується за допомогою компресора, що викликає підвищення температури кипіння. Існує два різновиди механічних теплових насосів: система з прямим розширенням (система DX) та система, в якій використовується судно для відділення газоподібного та рідкого холодоагента.

Тепловий насос газогенератора: тепловий насос газового двигуна складається з механічного теплового насоса та газового двигуна. На відміну від звичайного теплового насоса, де компресор керується електричним двигуном, компресор теплового насоса газового двигуна керується газовим двигуном. Тепло від охолодження двигуна та димових газів газового двигуна може бути використане. Тому потужність теплового насоса може бути меншою.

Поглинаючий (абсорбційний) тепловий насос: принцип роботи абсорбційного теплового насоса ґрунтується на випаровуванні холодоагента та його поглинанні в поглинаючу середовище. Добре відомі комбінації холодоагента та поглинаючого середовища - літій-бромід та вода, аміак та вода. Рушійною силою в даному виді теплового насоса є теплова енергія. Поглинальні теплові насоси можуть бути дуже корисними, коли виникає необхідність нагрівання та охолодження.

Адсорбційний тепловий насос: принцип роботи даного різновиду теплових насосів базується на основі тих самих принципів, що й абсорбційний аналог, але адсорбційний тепловий насос використовує тверде тіло, а не рідину як поглинаючу середовище.

Транскритичний CO₂-тепловий насос: при температурі вище 31°C падає CO₂ у транскритичному діапазоні; а це означає, що ніякої різниці між рідиною та газоподібною фазою не виявляється. Через це явище, тепло можна визначати за діапазоном температур замість фіксованої температури.

1.3 Загальні відомості про мікроконтролери

Вступ

В процесі мініатюризації функціональні блоки, які в звичайних комп'ютерних системах розміщувалися в окремих інтегральних схемах (процесор, пам'ять, порти вводу-виводу, таймери, контролери переривань та ін.) стали об'єднувати на одному кристалі. Так з'явилися мікроконтролери або, як їх прийнято називати у вітчизняній літературі, однокристалні ЕОМ. Такий підхід дозволив значно

скоротити не тільки розміри вбудованих систем, а й складність і терміни їх розробки, а отже і вартість. Скорочення числа компонентів спричинило за собою підвищення надійності готових пристроїв. У деяких випадках для побудови повноцінної вбудованої системи достатньо однієї мікросхеми - мікроконтролера.

Типовий мікроконтролер поєднує в собі функції процесора і периферійних пристроїв, може містити ОЗУ і ПЗУ. По суті, це однокристальний комп'ютер, здатний виконувати прості завдання. Використання однієї мікросхеми, замість цілого набору, як у випадку звичайних процесорів, що застосовуються в персональних комп'ютерах, значно знижує розміри, енергоспоживання і вартість пристроїв, побудованих на базі мікроконтролерів. Мікроконтролери є основою для побудови вбудованих систем, їх можна зустріти в багатьох сучасних приладах, таких, як телефони, пральні машини і т. п.

Для реалізації проекту треба визначитися з платформою для розробки, яка буде задовольняти умовам проекту.

Всі плати для розробки можна розбити на 2 великі категорії: плати на мікроконтролері (MCU, MicroControllerUnit) та одноплатні комп'ютери (SoC, System on a Chip).

Типовий представник мікроконтролерів – ArduinoUno.

Типовий представник одноплатних комп'ютерів – RaspberryPi.

Мікроконтролери зазвичай можуть одночасно виконувати всього одну задачу, тоді як одноплатні комп'ютери виконують програми в рамках операційної системи (найчастіше Linux), мають більшу продуктивність і більш широкі мультимедійні можливості.

Існують також гібридні платформи, де на одній платі розташований і мікроконтролер і процесор. Це робиться для того щоб розділити завдання між компонентами, тобто залишити процесору складні завдання: вихід в мережу, обробку медіа, а на мікроконтролер покласти функцію точного керування приводами, реле, сенсорами та іншої периферією.

В обох категоріях приладів можна знайти як спеціалізовані плати, які призначені для виконання лише вузького кола завдань, так і більш універсальні пристрої.

Основні вимоги, які споживачі пред'являють до керуючих блоків приладів (мікроконтролерів) можна сформулювати наступним чином:

- низька вартість;
- висока надійність;
- високий ступінь мініатюризації;
- мале енергоспоживання;
- працездатність в жорстких умовах експлуатації;

- достатня продуктивність для виконання всіх необхідних функцій.

На відміну від універсальних комп'ютерів до керуючих контролерів, як правило, не пред'являються високі вимоги до продуктивності і програмної сумісності. Виконати всі ці умови одночасно важко, тому розвиток і вдосконалення техніки пішло по шляху спеціалізації і в даний час кількість різних моделей керуючих мікроконтролерів надзвичайно велика.

Класифікація і структура мікроконтролерів

В даний час випускається цілий ряд типів МК. Всі ці прилади можна умовно розділити на три основні класи:

- 8-розрядні МК для вбудованих додатків;
- 16- і 32-розрядні МК;
- цифрові сигнальні процесори (DSP).

Найбільш поширеним представником сімейства МК є 8-розрядні прилади, що широко використовуються в промисловості, побутовій та комп'ютерній техніці. Причиною життєздатності 8-розрядних МК є використання їх для управління реальними об'єктами, де застосовуються, в основному, алгоритми з логічними операціями, швидкість обробки яких практично не залежить від розрядності процесора.

Сучасні 8-розрядні МК мають, як правило, ряд характерних ознак. Основні з них:

- модульна організація, при якій на базі одного процесорного ядра (центрального процесора) проектується ряд (лінійка) МК, що розрізняються обсягом і типом пам'яті програм, обсягом пам'яті даних, набором периферійних модулів, частотою синхронізації;
- використання закритої архітектури МК, яка характеризується відсутністю ліній магістралей адреси і даних на висновках корпусу МК. Таким чином, МК являє собою закінчену систему обробки даних, в яких не передбачається нарощування можливостей з використанням паралельних магістралей адреси і даних;

- використання типових функціональних периферійних модулів (таймери, процесори подій, контролери послідовних інтерфейсів, аналого-цифрові перетворювачі та ін.), що мають незначні відмінності в алгоритмах роботи в МК різних виробників;
- розширення числа режимів роботи периферійних модулів, які задаються в процесі ініціалізації регістрів спеціальних функцій МК.

При модульному принципі побудови всі МК одного сімейства включають процесорний ядро, однакове для всіх МК даного сімейства, і функціональний блок, що може змінюватись, який відрізняє МК різних моделей. Структура модульного МК наведена на рис.1.2.2.1.:

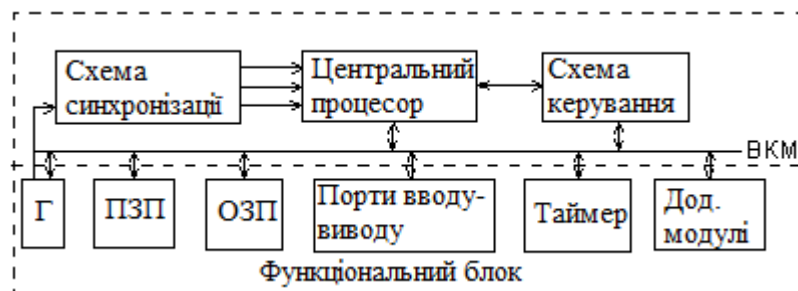


Рис.1.3.2.1. Модульна організація мікроконтролера.

Процесорне ядро включає в себе:

- центральний процесор;
- внутрішню магістраль контролера (ВКМ) що включає шини адреси, даних і управління;
- схему синхронізації МК;
- схему управління режимами роботи МК, включаючи підтримку режимів зниженого енергоспоживання, початкового запуску (скидання) і т.д.

Змінний функціональний блок включає в себе модулі пам'яті різного типу і обсягу, порти вводу-виводу, модулі тактових генераторів (Г), таймери. У відносно простих МК модуль обробки переривань входить до складу процесорного ядра. У більш складних МК він являє собою окремий модуль з розвиненими можливостями. До складу змінюваного функціонального блоку можуть входити і такі

додаткові модулі як компаратори напруги, аналого-цифрові перетворювачі (АЦП) та інші. Кожен модуль проектується для роботи в складі МК з урахуванням протоколу ВКМ. Даний підхід дозволяє створювати різноманітні за структурою МК в межах одного сімейства.

Узагальнена вбудована система управління на базі мікроконтролера, включає в себе:

- об'єкт управління, що містить виконавчі пристрої, власне об'єкт або процес, і систему датчиків, що надають інформацію про об'єкт управління;
- мікроконтролерна система управління, що реалізує процес управління об'єктом, що полягає в повідомленні об'єкту впливу відповідно з алгоритмом розв'язуваної задачі і інформацією, що надходить з датчиків контролю величин;
- блок сполучення з об'єктом управління, що містить в собі уніфікований набір елементів, що реалізують функції узгодження сигналів (як керуючих, так і інформаційних) системи і об'єкта управління;
- пульт оператора системи, що надає користувачу можливість контролювати параметри процесу управління і вносити в нього корективи на свій розсуд.

Порівняння популярних мікроконтролерних систем: Arduino Uno, BeagleBone, RaspberryPi

Існує безліч багатофункціональних мікроконтролерних систем, які можуть використовуватися для розробки цифрових додатків на мікроконтролерах.

В даному розділі ми розглянемо три платформи для розробки вбудованих додатків: Arduino Uno, BeagleBone, RaspberryPi, порівняємо їх і виробимо рекомендації по вибору підходящої для подальшого проектування.



Рис. 1.3.3.1 Зліва направо: Arduino Uno, BeagleBone, Raspberry Pi.

Ці три моделі були обрані для порівняння так як всі вони доступні, виконані в компактному форм-факторі і можуть використовуватися для створення різних цифрових пристроїв. Перш ніж ми перейдемо до порівняння, представимо короткий опис кожної з них.

Плати Arduino доступні в різних форм-факторах та з різним набором периферії. Велика їх частина виконана на 8-розрядному мікроконтролері компанії Atmel. Arduino Uno один з найпопулярніших представників платформи Arduino. Для неї доступні проста середовище розробки і велика база знань і напрацювань, що говорить про можливість створення досить функціональних додатків.



Рис. 1.3.3.2 Плата Arduino Uno.

Плата Raspberry Pi - це одноплатний комп'ютер, що позиціонується на ринку як дешеве рішення для початківців розробників вбудованих систем (Рис. 2). Незважаючи на скромний вигляд і низьку вартість (близько 35 \$), ми отримуємо реальний комп'ютер, що є хорошою основою для багатьох проектів.

BeagleBone є, мабуть, найменш відомої з усіх трьох плат-форм, але її можливості заслуговують на увагу. Це потужний Linux-комп'ютер компактних розмірів, який підтримує роботу з ОС Android і Ubuntu (Рис 1.3.3.3).

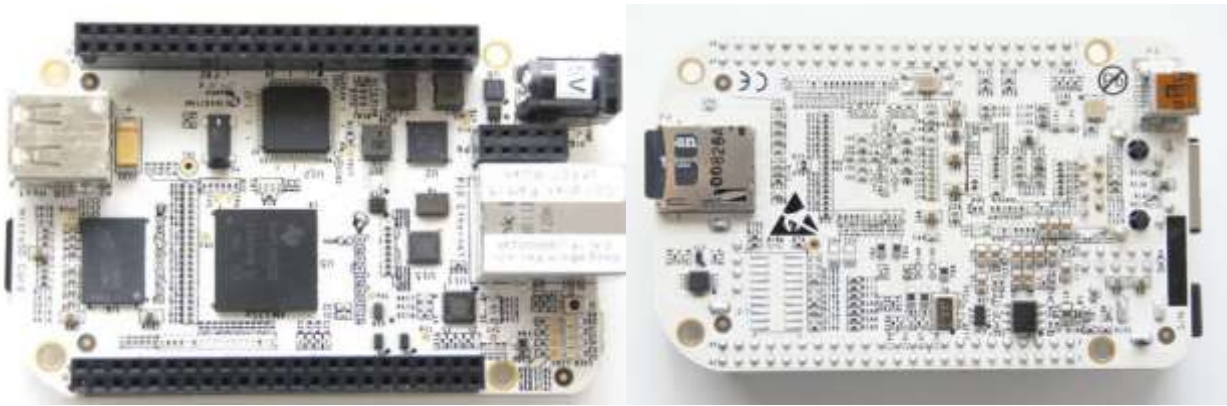


Рис. 1.2.3.3 Linux-комп'ютер BeagleBone.

Нижче ми порівняємо ці три системи за деякими важливими параметрами (Таблиця 1).

Таблиця 1. Порівняння характеристик плат Arduino Uno, BeagleBone, RaspberryPi.

Платформа	Arduino Uno	Raspberry Pi	BeagleBone
Модель	R3	Model B	Rev A5
Орієнтована ціна	29.95\$	35\$	89\$
Габаритні розміри	7.5 × 5.3 см	8.5 × 5.4 см	8.6 × 5.3 см
Мікроконтролер	ATmega328	ARM11	ARM Cortex-A8
Тактова частота	16 МГц	700 МГц	700 МГц
RAM	2 Кбайт	256 Мбайт	256 Мбайт
Flash-пам'ять	32 Кбайт	SD карта	4 Гбайт (SD карта)
EEPROM	1 Кбайт	-	-
Напруга живлення	7 – 12 В	5 В	5 В
Мінімальне енергоспоживання	42 мА (0.3 Вт)	700 мА (3.5 Вт)	170 мА (0.85 Вт)
Цифрові лінії вводу/виводу	14	8	66
Аналогові входи	6 (10-бітний АЦП)	-	7 (12-бітний АЦП)
Канали ШІМ	6	-	8

Інтерфейс TWI/I2C	2	1	2
Інтерфейс SPI	1	1	1
Інтерфейс UART	1	1	5
Інструменти розробки	Arduino IDE	IDLE, Scratch, Squeak/Linux	Phyton, Scratch, Squeak, Cloud9/Linux
Порт Ethernet	-	10/100	10/100
Інтерфейс USB Master	-	2 USB 2.0	USB 2.0
Відео вихід	-	HDMI, композитний	-
Аудіо вихід	-	HDMI, аналоговий	Аналоговий

Arduino і Raspberry Pi - недорогі плати вартістю до 40 \$. BeagleBone пропонується за ціною майже трьох Arduino Uno. Однак Arduino в 40 разів повільніший і має в 128,000 разів менше оперативної пам'яті, ніж інші два представники. Вже на даному етапі ви можете бачити важливі відмінності. Arduino і Raspberry Pi - дешеві плати. Raspberry Pi і BeagleBone – досить потужні.

Raspberry Pi виглядає оптимальним рішенням, але це не зовсім так: для роботи буде потрібно окремо придбати карту пам'яті SD, а це ще 5 - 10 \$ до вартості самої плати. Також, незважаючи на однакову тактову частоту, по тестах BeagleBone працює вдвічі швидше Raspberry Pi. Arduino - більш оптимальним вибір. Основною причиною цього є операційна система Linux, під управлінням якої працюють плати Raspberry Pi і BeagleBone. Це ПО дозволяє виконувати кілька програм одночасно і дає можливість програмуватися на різних мовах. Розробка ж додатків на Arduino дуже проста через відсутність багатозадачності і програмування на мові низького рівня C++.

Вибір платформи для розробки

На сьогоднішній день співтовариство Arduino - це безліч користувачів, величезна кількість навчальних матеріалів, готових рішень та проектів, які можна використовувати. Крім того, Arduino пропонує найпростіший спосіб взаємодії із зовнішнім периферією.

Всі три моделі плат для розробки є малогабаритні. Єдиний негативний момент притаманний Raspberry Pi - встановлена в слот карта пам'яті SD робить плату більше за інших.

Існує дуже багато варіацій плат Arduino, але у всіх є дві спільні риси: використовується мікроконтролер фірми Atmel і програмний завантажувач (bootloader) Arduino, який реалізує базові функції плати.

BeagleBone або Raspberry Pi добре підходять для розробки додатків, що вимагають підключення до мережі Інтернет. Обидва пристрої працюють під управлінням ОС Linux, мають порти Ethernet і USB. Як і засобом USB можна підключати модулі бездротової передачі даних і, таким чином, реалізувати функції бездротової передачі даних і підключення до мережі Інтернет.

На платформі Arduino теж можна реалізувати обмін даними по Ethernet за допомогою плат розширення (Shield), однак функціональність таких систем буде дуже обмежена.

Arduino або BeagleBoard добре підходять для додатків і систем взаємодіючих з зовнішніми датчиками і механізмами. Будь-який варіант апаратної платформи Arduino забезпечує просте підключення зовнішніх сенсорів і взаємодія з ними. Доступно декілька варіантів плат з напругою живлення 3.3 В і 5 В, що спрощує підключення зовнішньої периферії. Напруга живлення плати BeagleBone становить 3.3 В, тому в разі підключення деяких типів зовнішніх пристроїв необхідно використовувати додаткові резистори або схеми узгодження логічних рівнів. І Arduino, і BeagleBone мають інтерфейс АЦП, що говорить про можливість підключення різних аналогових датчиків.

1.4 Загальні відомості про триходові клапани

Задля підтримки однакового, сталого температурного рівня до систем гарячого водопостачання долучають такий елемент, як триходовий клапан. Мета використання даного пристрою полягає у рівномірному розподілі гарячої води по всій прощі будинку чи промислової споруди. Не звертаючи увагу на те, що триходовий клапан у даній системі відіграє чи не найголовнішу роль – на конструктивний особливостях це ніяк не відображається.

Соленоїдні клапани використовуються для управління потоком різних рідин та газів. Ці клапани надзвичайно важливі для безпечного використання цих матеріалів. Оскільки ці клапани використовуються з різних причин, існує велика кількість клапанів, які використовуються для різних функцій. Один з цих типів включає триходові клапани. Триходові клапани мають три з'єднання замість двох звичайних, що полегшує зупинку та запуск потоку, незалежно від того, чи він під напругою або відключений.

Існує чотири основних типи триходових соленоїдних клапанів. Кожен з цих типів використовується для різних цілей. Два з основних типів включають триходові зазвичай закриті та триходові зазвичай відкриті. Ці два клапани відрізняються просто тим, що у кожного є постійно відкритий прохід, а інший - постійно закритий.

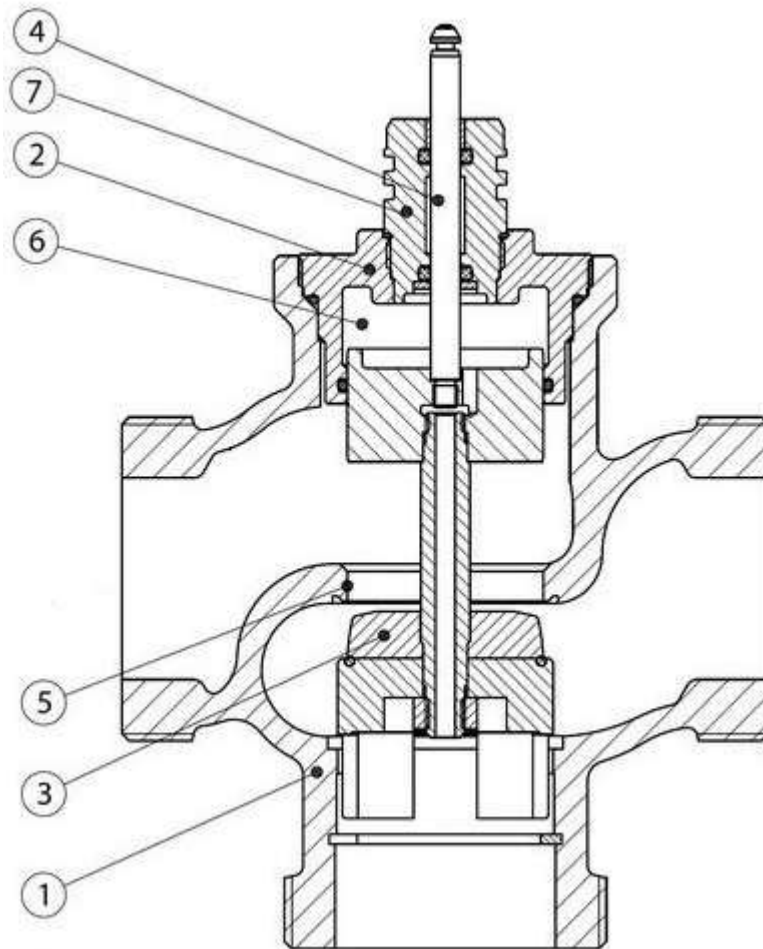


Рис.1.4.1 – Конструкція триходового клапану [1]

Складовими частинами триходового клапана є: корпус (1), вставка клапана (2), конус клапана (3), полірований шток клапана (4), сидло клапана (5), розвантажувальна камера (6), сальникове ущільнення (7) [1]

Одним з найбільш необхідних компонентів у промисловому секторі є клапан. Існує широкий вибір типів клапанів, таких як ті, що контролюють тиск, температуру та витрати, але, можливо, жоден не є таким же корисним, як триходовий клапан. Ось деяка інформація про триходовий клапан.

Функціонування триходового клапана суттєво відрізняється від інших типів клапанів, які зазвичай працюють двостороннім способом. На відміну від двоходових клапанів, триходовий клапан може контролювати обмін рідини між трьома окремими лініями перекачування. Для кращого контролю, триходовий клапан, як правило, сполучається з приводом, який сам подається пневматично, електрично або за температурою.

Однією з функцій триходового клапана є повністю відключити потік до однієї труби, одночасно з тим, щоб перехід рідини почався в з'єднувальній трубі. Клапан також може використовуватися для

змішування двох рідин, які надходять через труби. Нарешті, триходовий клапан може приймати рідину з однієї труби і відокремити його на дві труби. І хоча всі триходові клапани працюють аналогічно, існує велика кількість різних клапанів, які мають різні швидкості потоку.

Основна функція триходового клапана полягає в тому, щоб контролювати кількість гарячої та холодної води, що надходить через систему, що, у свою чергу, сприяє регулюванню температури та контролю поверхонь. Спільне застосування, яке використовує триходовий клапан, знаходиться в системах радіатора. У цьому випадку триступеневий клапан використовується для регулювання вихідної температури радіатора шляхом збільшення або зменшення кількості холодної води, що прокачується в блоці радіатора.

Ще одне, хоча і більш дивне застосування для триходового клапана, полягає у використанні системи підігріву та охолодження. Триходовий регулюючий клапан регулює випромінювану температуру, дозволяючи спеціальну суміш як гарячої, так і холодної води, яка потім буде диктувати температуру підлоги.

Не викликає сумнівів, що клапани є одним з найважливіших, але знехтуваних компонентів у багатьох промислових та житлових приміщеннях. триходовий клапан ідеально підходить для управління потоком трьох окремих рідких ліній, що дозволяє йому ефективно регулювати температури. триходовий клапан може вимкнути одну трубу, дозволяючи іншій відкрити, що може змінити температуру рідини, що випускається.

Крім того, триходовий клапан може використовуватися для змішування різних рівнів гарячих та холодних рідин, дозволяючи зібрати певні кількості кожної рідини, тим самим змінюючи загальну температуру. Деякі програми використовують триходові клапани, і одна з найпопулярніших - у системах радіатора. Також триходовий клапан використовується для контролю температури систем підлоги. Для цього клапан, як правило, парний з приводом, який підключений до контролера, і це покаже клапан, коли він відкривається та закривається.

,

ВИСНОВОК

Отже після огляду літературних джерел з приводу використання альтернативної енергії для ГВд приміщення можу зазначити, що вони є економічно виправданими, зовсім не будучи певною модною тенденцією.

Якщо ми перейдемо до використання електроенергії, виробленої з цих джерел, то скорочення викидів двоокису вуглецю із звичайних джерел енергії буде значно скорочено, а проблема глобального потепління буде вирішена через кілька років. Також можна зберегти традиційні енергоносії, що швидко виснажуються.

У випадку необхідності забезпечення максимального рівня комфорту, раціональності витрати коштів та стабільності у використанні пристрою – є сенс звернути увагу на можливість додавання ґрунтового теплового насоса до автоматизованої системи забезпечення будівлі гарячим водопостачанням. Адже ґрунтові теплові насоси використовують в якості джерела - тепло землі. З усіх типів насосів відрізняються найвищим і найстабільнішим ККД, який не залежить від тнавколишньої температури. При проектуванні системи даного типу гарячого водопостачання важливим є урахування характеру експлуатації споруди. Спираючись на обраний характер експлуатації будівлі, обираються:

- необхідні функції (опалення, ГВП, кондиціювання),
- потрібну кількість гарячої води та її температуру (максимальна температура в бойлері $+70^{\circ}\text{C}$)
- можливість приєднання альтернативних джерел тепла (сонячних колекторів, котлів) і інші умови.

Доповнення мікроконтролерної системи ГВд із альтернативними джерелами енергії у вигляді геліотермальної системи, дає змогу практично повністю перейти на сонячну енергію для гарячого водопостачання в літній час. А при використанні сонячних ВТК виникає можливість переходу на енергію

сонячного випромінювання майже на 365 днів, не зважаючи на різні пори року. Найбільшим мінусом даного приладу є його вартість і довгострокова окупність.

2 РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОННОЇ СХЕМИ СИСТЕМИ

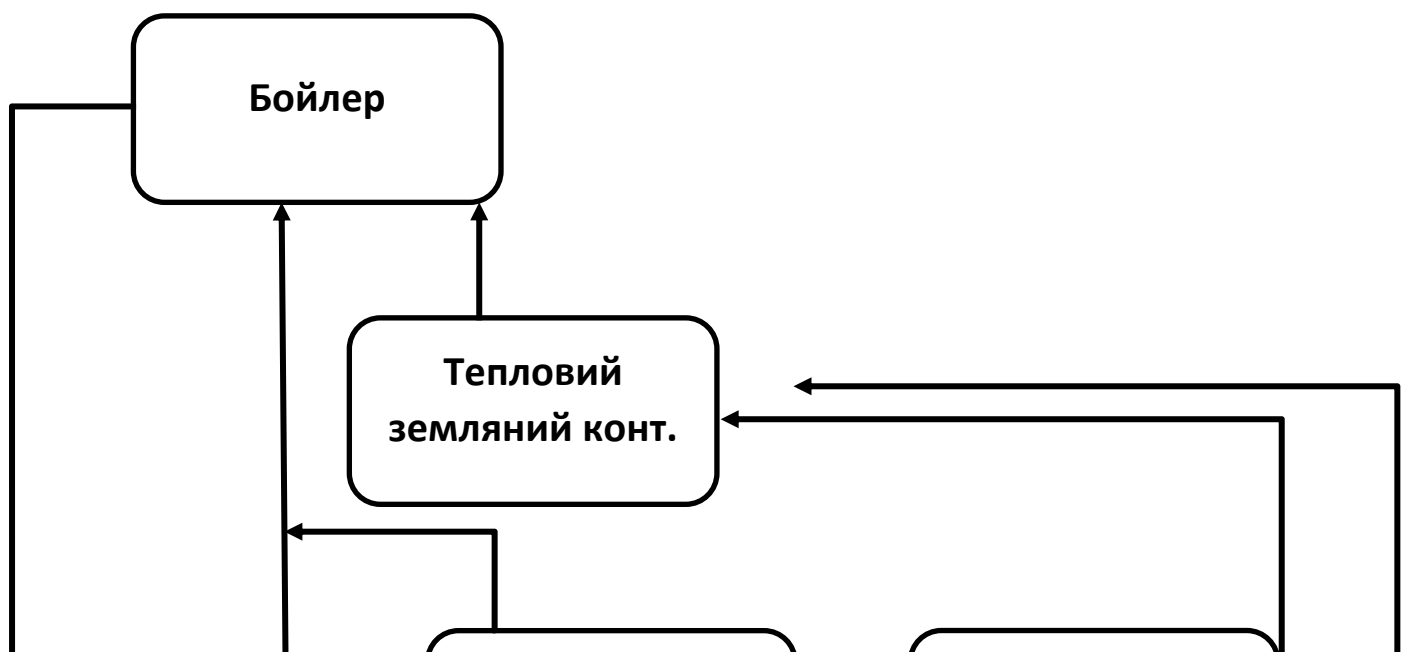
2.1. Розробка структурної схеми мікроконтролерної системи гарячого водопостачання

Було розроблено систему, призначену для забезпечення гарячого водопостачання закладу громадського харчування, яка дозволяє автоматично відстежувати і підтримувати температуру води на заданому рівні, завдяки використанню альтернативних джерел теплової енергії.

Вода з центрального(холодного) водозабезпечення поступає на теплообмінник у блоці зала. Цей блок відповідає за підтримання сталої температури повітря у приміщенні. Якщо температура повітря в залі вище встановленої температури спрацьовує триходовий клапан, завдання якого полягає в перемиканні потоку води або на пряму подачу на бойлер, або перемикання на теплообмінник системи, щоб вода проходила через тепловий носій даної системи. Вода на цій ділянці системи нагрівається за рахунок надлишкової температури зала.

Далі завдяки датчикам температури порівнюється чи температура води досягає необхідного рівня для прямої подачі на бойлер. Якщо вона відвідає заданому температурному режиму бойлера і теплової енергії теплообмінника блоку зала вистачило для цього вода прямо поступає на бойлер, оминаючи інші блоки теплоносіїв. У даному випадку опитування інших датчиків системи не відбувається.

Якщо температура нижча встановленої - відкривається триходовий змішувальний клапан і водопостачання проходить на теплообмінник блоку кухні. Теплообмінник є складовим елементом теплового насоса кухні, в якому відбувається обмін теплової енергії між водою з центрального водопостачання і тепловою енергією, отриманої від теплового насоса кухні, в якому за рахунок випаровування фреону відбувається відбір енергії, а потім за рахунок стиснення за допомогою компресора відбувається підйом температури.



**Циркуляційний
насос**

**Холодна вода з
міською мережі**

\ Рис. 2.1. – Структурна схема мікроконтролерної системи

...де конденсація фреону і виділення теплової енергії з одночасним підйомом температури. Якщо завдяки теплообміннику блоку кухні температура води в даній ділянці не досягає необхідного рівня – відбувається опитування наступної альтернативної ділянки системи – сонячний колектор. Якщо температура на сонячному колекторі досягає необхідного рівня відбувається нагрівання води за рахунок сонячного колектора, знову відбувається опитування датчика температури, якщо температура достатня – вода на пряму іде на бойлер, якщо температура нижче встановленої - відкривається триходовий змішувальний клапан. Вода переміщується на тепловий насос і після догріву на тепловому насосі вода поступає на бойлер. За підсумком роботи даної системи гарячого водозабезпечення отримуємо результат у вигляді необхідної температури води на виході з бойлера, завдяки використанню альтернативних джерел теплової енергії.

2.2. Розробка блок-схеми мікроконтролерної системи гарячого водопостачання

Вода з системи холодного водопостачання потрапляє на перший триходовий клапан, мікроконтролер обробляє отриману інформацію від датчика T1 теплообмінника залу. Якщо на ньому температура вище, ніж встановлена, тоді триходовий клапан перемикає подачу води на теплообмінник залу і паралельно включається Реле4 компресора теплового насоса внутрішнього залу, йде нагрівання води в теплообміннику. Після цього міряється температура води на виході і якщо температура води така як встановлено в бойлері - то всі подальші триходові клапани не спрацьовують і вода надходить на пряму в бойлер.

Наступною перевіряється температура на теплообміннику T3 кухні., Якщо температура всередині приміщення вище встановленої, тоді триходовий клапан подає воду на теплообмінник кухні і паралельно включається компресор теплового насоса кухні, йде передача теплової енергії воді, після цього вимірюється температура води на виході з теплообмінника T3.

Порівнюється зі встановленою на бойлері і якщо температура досягає зазначеного значення і вище – вода йде на пряму в бойлер, інші клапани не спрацьовують, якщо не досягає - вода переходить на теплообмінник сонячного колектора. Якщо температура сонячного носія вище заданої температури води в бойлері то реле P3 подає воду на теплообмінник сонячної батареї, йде обмін теплової енергії сонячного теплоносія і води, і вимірюється температура води на виході, якщо вона досягає необхідної температури - йде на пряму на бойлер, якщо температура нижче заданої - включається триходовий клапан P4 і вода заводиться на теплообмінник теплового насоса з земляним контуром. Після цього він доводить до необхідної температури і в результаті ми маємо підігріту воду в бойлері. Якщо немає витрати води - йде зниження температури води зарахунок теплових втрат в бойлері і трубах, датчик спрацьовує про те, що є зниження температури води, але якщо датчик витрати води не показує витрати води, включається циркуляційний насос і закріплюється система і передається на перший теплообмінник залу.

Якщо йде просто витрата води через крани – відбувається природний приплив за рахунок тиску в системі холодного водопостачання. Розроблену блок-схему пристрою див. у Додатку А.

2.3 Розробка принципової схеми

2.3.1 Вибір елементної бази

Вибір мікроконтролера

В якості керуючого елемента проєктованого пристрою обрано мікроконтролер ATmega328, Конфігурація виводів мікроконтролера в корпусі PDIP наведена на рис.2.2.:

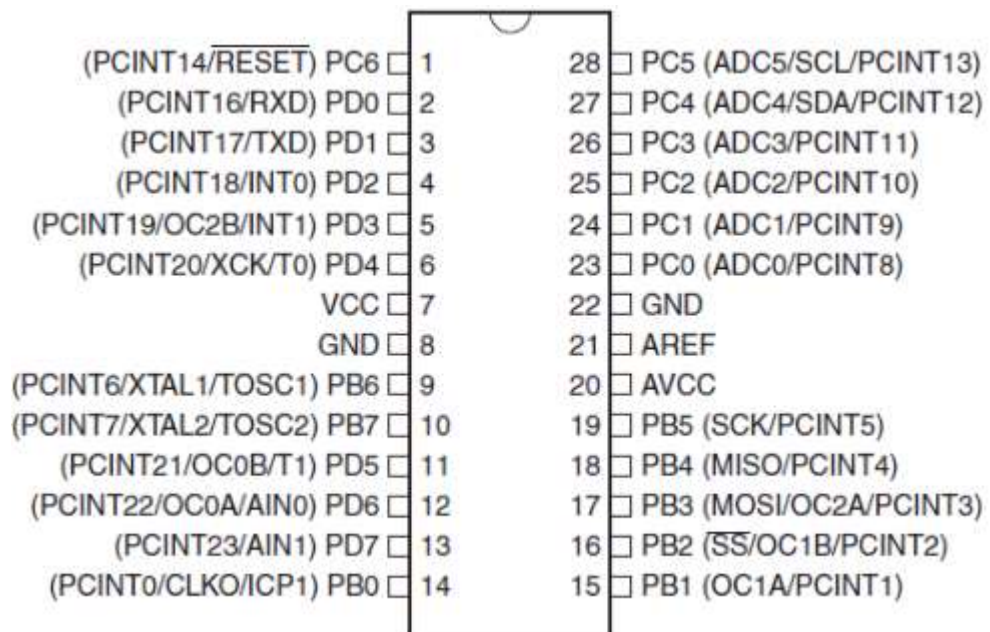


Рис.2.2 - Конфігурація виводів ATmega328 в корпусі PDIP

RISC – Reduced Instruction Set Computer – архітектура комп'ютера зі скороченим набором команд.

Особливості RISC-архітектури:

- обмежена кількість ефективних команд (118);
- відсутність акумулятора (є 32 рівноправних РОН);
- організація пам'яті по Гарвардській структурі;
- обробка майже всіх команд протягом 1 такту;
- оптимізація АЛУ і системи команд для програмування мовою С.

Мікроконтролери сімейства Mega є 8-бітними мікроконтролерами, призначеними для використання у вбудовуваних додатках. Вони виготовляються за енергоефективною КМОП-технологією, яка у поєднанні з удосконаленою RISC-архітектурою дозволяє досягти найкращого співвідношення вартість / швидкодія / енергоспоживання. Мікроконтролери цього сімейства є найбільш розвиненими представниками мікроконтролерів AVR загального застосування.

Відмінні особливості:

До особливостей мікроконтролерів AVR сімейства Mega можна віднести:

- FLASH-пам'ять програм обсягом від 8 до 256 Кбайт (число циклів стирання / запису не менше 10 000);
- оперативна пам'ять (статичне ОЗУ) об'ємом від 512 байт до 8 Кбайт;
- пам'ять даних на основі ЕСППЗУ (EEPROM) об'ємом від 256 байт до 4 Кбайт (число циклів стирання / запису не менше 100 000);
- можливість захисту від читання і модифікації пам'яті програм і даних;
- можливість програмування безпосередньо в системі через послідовні інтерфейси SPI і JTAG;
- можливість самопрограмування;
- можливість внутрішнього налагодження відповідно до стандарту IEEE 1149.1 (JTAG), а також наявність власного однодротового інтерфейсу внутрішньосхемного налагодження debugWire1);
- різноманітні способи синхронізації: вбудований RC-генератор з внутрішнім чи зовнішнім RC-контуром, що вбудований не у всіх моделях генераторів із зовнішнім кварцовим або п'єзокерамічним резонатором, зовнішній сигнал синхронізації;
- наявність декількох режимів зниженого енергоспоживання;
- наявність детектора зниженої напруги живлення (Brown-Out-Detector-BOD);
- можливість програмного зниження частоти тактового генератора (не у всіх моделях).

Характеристики процесора:

Основними характеристиками процесора мікроконтролерів AVR сімейства Mega є:

- повністю статична архітектура, мінімальна тактова частота дорівнює нулю;
- арифметико-логічний пристрій (АЛП) підключено безпосередньо до регістрів загального призначення (32 регістра);
- більшість команд виконуються за один період тактового сигналу;
- векторна система переривань, підтримка черги переривань;
- велике число джерел переривань (до 45 внутрішніх та до 32 зовнішніх);
- наявність апаратного помножувача.

Периферійні пристрої:

Мікроконтролери сімейства Mega мають багатий набір периферійних пристроїв (ПП):

- один або два 8-бітних таймера/лічильника. У всіх моделях з двома 8-бітними таймерами/лічильниками один з них може працювати в якості годинника реального часу (в асинхронному режимі);
- від одного до чотирьох 16-бітових таймерів/лічильників;
- сторожевий таймер;
- одно- та двоканальні генератори 8-бітного ШІМ-сигналу (один з режимів роботи 8-бітних таймерів/лічильників);
- двох- і триканальні генератори ШІМ-сигналу регульованої розрядності (один з режимів роботи 16-бітних таймерів/лічильників). Роздільна здатність формованого сигналу може становити від 1 до 16 біт;
- аналоговий компаратор;
- багатоканальний 10-бітний АЦП послідовного наближення, що має як несиметричні, так і диференціальні входи;
- послідовний синхронний інтерфейс SPI;
- послідовний двопровідний інтерфейс TWI (повний аналог інтерфейсу I²C);
- від одного до чотирьох повнодуплексних універсальних синхронних/асинхронних прийомо-передавачів (USART). У ряді моделей ці прийомо-передавачі можуть використовуватися в якості ведучого пристрою шини SPI;
- універсальний послідовний інтерфейс USI, який може використовуватися в якості інтерфейсу SPI або I²C. Крім того, USI може використовуватися в якості напівдуплексного UART або 4/12-бітного лічильника.

Таким чином, наявність багатоканального 10-бітного АЦП і 2-х таймерів/лічильників, доступність, швидкодія і поширеність засобів програмування були вирішальними факторами при виборі мікроконтролера.

Вибір датчика температури.

Датчик DS18B20

В якості датчика температури використовується герметичний цифровий датчик DS18B20. Цей датчик температури заснований на популярній мікросхемі. Він дозволяє визначити температуру навколишнього середовища в діапазоні від -55°C до $+125^{\circ}\text{C}$ і отримувати дані в вигляді цифрового сигналу з 12-бітовим дозволом по 1-Wire протоколу. Цей протокол дозволить підключити величезна кількість таких датчиків, використовуючи всього 1 цифровий порт контролера, і всього 2 дроти для всіх датчиків: землі і сигналу.

У цьому випадку застосовується живлення, при якому датчик отримує енергію прямо з лінії сигналу. Кожен датчик має унікальний прошитий на виробництві 64-бітний код, який може використовуватися мікро контролером для спілкування з конкретним сенсором на загальній шині. Код окремого сенсора може бути лічений окремою командою.

Підключення:

Герметичний датчик на основі мікросхеми DS18B20 можна підключити двома способами:

- З трьох проводів: живлення (червоний), земля (чорний) і сигнал (білий).
- По двох проводах: земля і сигнал. В цьому випадку датчик зрідка може давати невірні показання, які легко виключити з кінцевого результату фільтрацією.

Незалежно від способу підключення, сигнальний провід необхідно з'єднати з живленням через резистор 4,7 кОм. При підключенні тільки одного датчика, підійде і резистор на 10 кОм.

Для підключення датчика до Arduino або до макетної плати зручно буде використовувати натискний клемник. Для підключення 1-Wire пристроїв до Arduino існує готова бібліотека.

Характеристики:

- Діапазон вимірюваних температур: $-55 \dots +125^{\circ}\text{C}$
- Точність: $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ (в межах $-10 \dots +85^{\circ}\text{C}$)
- Час отримання даних: 750 мс при 12-бітному дозволі; 94 мс при 9-бітному дозволі
- Напруга живлення: 3-5,5 В

- Струм при бездіяльності: 750 нА
- Струм при опитуванні: 1 мА Як

Вибір елементів стабілізації системи

Стабілізатор напруги LM317

Інтегральний, регульований лінійний стабілізатор напруги LM317 як ніколи підходить для проектування нескладних регульованих джерел і блоків живлення, для електронної апаратури, з різними вихідними характеристиками, як з регульованим вихідним напругою, так і з заданою напругою і струмом навантаження.

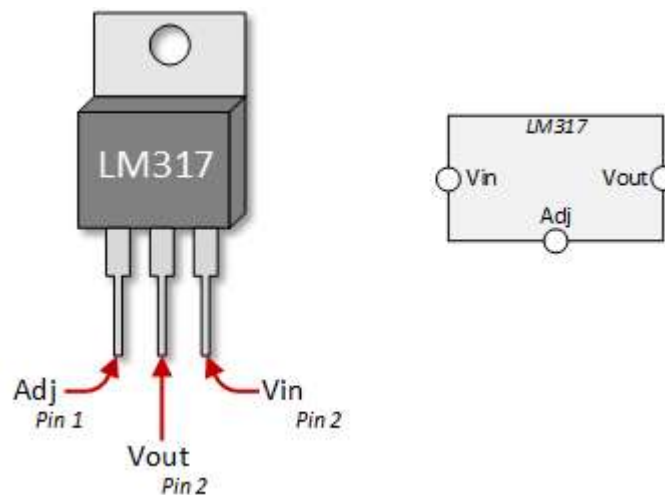


Рис.2.3 – стабілізатор LM317.

Технічні характеристики стабілізатора LM317:

- Забезпечення вихідної напруги від 1,2 до 37 В.
- Струм навантаження до 1,5 А.
- Наявність захисту від можливого короткого замикання.
- Надійний захист мікросхеми від перегріву.
- Похибка вихідної напруги 0,1%.

Стабілізатор струму LM2596

Регулятори серії LM2596 це монолітні інтегральні схеми, які забезпечують всі активні функції понижуючого імпульсного стабілізатора, що підтримують 3А в лінії навантаження. Ці пристрої доступні в версіях з фіксованими вихідними напругами 3,3 В, 5В, 12В, і змінним вихідним напругою.

Вимагають мінімальну кількість зовнішніх компонентів, прості у використанні і включають в себе частотну компенсацію з фіксованою частотою кварцового генератора.

Мікросхеми серії LM2596 працюють на частоті 150 кГц, дозволяючи використовувати компоненти фільтра меншого розміру. Мікросхеми доступні в стандартному виконанні в корпусах TO-220 і TO-263 для поверхневого для монтажу. Вони забезпечують гарантований допуск $\pm 4\%$ на вихідну напругу в межах зазначеного вхідної напруги і вихідний навантаження. Струм споживання в режимі очікування 80 мкА.



Рис.2.4 - Мікросхеми LM2596

Особливості:

- 3.3 В, 5В, 12В, і регульована вихідна напруга
- регульований діапазон вихідної напруги від 1.2 В до 37В
- $\pm 4\%$ стабільність напруги в ланцюзі навантаження
- доступні в TO-220 і TO-263 виконання
- гарантований вихідний струм навантаження 3А
- діапазон вхідної напруги до 40В
- вимагає тільки 4 зовнішніх компонента
- чудові навантажувальні технічні характеристики
- 150 кГц фіксована частота внутрішнього генератора

- TTL можливість виключення
 - низьке енергоспоживання режим очікування, IQ, як правило, 80 мкА
 - висока ефективність
 - використання легко доступних стандартних індуктивностей
 - теплове відключення і захист по струму
- застосування
- простий високо ефективний ступінчастий регулятор.

Вибір триходового клапану

Змішувальний клапан термостатичного типу ESBE VTA 322 був розроблений з метою температурного регулювання гарячої води в побутових умовах, наприклад, з метою обмеження температури при подачі води в змішувач або душ, що виключає можливість опіків. Також використовуються для системи тепла підлога, де потрібно обмежити температурний показник.

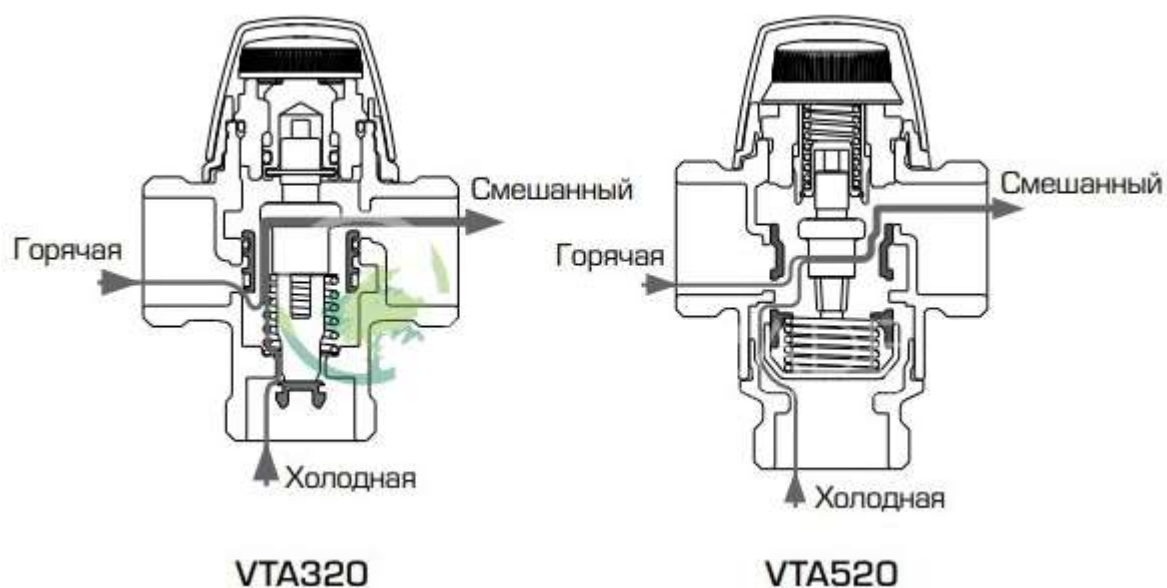


Рис. 2.5 - Конструкція триходового клапану без електромеханічного управління.

Клапани цієї серії без проблем можуть функціонувати з водою для пиття і водою з незамерзаючої рідиною. Принцип дії змішувального клапана полягає в наступному: гаряча вода надходить з подачі (наприклад, від

газового котла), до неї домішується холодна вода в необхідній кількості, запобігаючи перевищення заданої температури.

У більшості схем клапан можна встановлювати без додаткового вигину або Т-подібних з'єднань. Застосовуються в закритій системі. Як правило, термосмеситель поставляється зі спеціальною кришкою, яка захищає від перенастроювання. Триходовий клапан ESBE має високу пропускну здатність і функціональність.

Переваги клапанів ESBE серії VTA320 / VTA520:

- висока точність регулювань;
- захист від ошпарювання;
- можливість установки в систему «тепла підлога».

Вся продукція Esbe виготовляється на території Швеції, що гарантує високу якість товару, тривалий термін служби, точність регулювань і чудовий дизайн. Корпус змішувача клапана виготовлений з високоякісної латуні DZR, що не піддається корозії.

2.3.2 Опис принципової схеми

Програма Schemagee є EDA продуктом - він призначений для розробки електронних пристроїв і має на виході список з'єднань, який можна використовувати для проектування друкованих плат або моделювання, а також дозволяє оформляти принципові схеми в суворій відповідності до вимог ДСТУ під управлінням операційних систем Windows.

Розробка схеми електричної принципової проходить у редакторі схем та включає наступні етапи:

- *Створення умовних графічних образів елементів.*

Перед безпосереднім розміщенням елемента на схемі необхідно створити його умовний графічний образ, які зберігаються у спеціальних бібліотеках. На рис. 2.6 зображено середовище розробки принципіальної схеми мікроконтролерної системи гарячого водопостачання з використанням альтернативних джерел енергії у редакторі Schemagee.

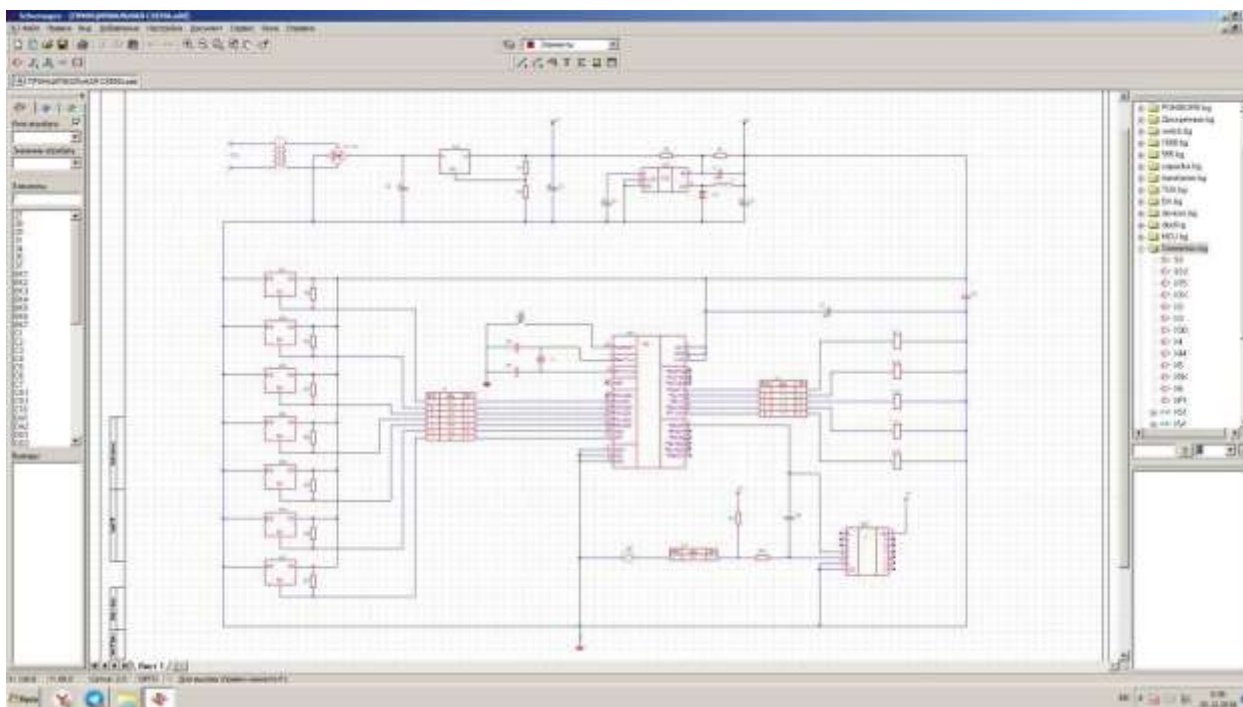


Рис.2.6 - Складання принципової схеми проекту.

- *Реалізація принципової схеми проекту.*

Зі створених бібліотек елементів до поля на *sdd*-документі необхідно додати електрорадіоелементи та відповідним чином їх поєднати, використовуючи з'єднання необхідних типів. Після розміщення та об'єднання елементів необхідно провести їх іменування за допомогою меню *Annotate*. Після закінчення усіх цих дій відбувається перевірка схеми на дотримання електричних вимог,

Розглянемо розроблення принципової схеми більш детально:

На вхід системи подається напруга від електричної мережі -220В. Оскільки для схеми мікроконтролерної системи ця напруга є зовеликою – виникає необхідність у використанні понижуючого трансформатора TV1, який перетворює вхідний сигнал мережі і на виході отримуємо напругу, що відрізняється від первинного на стільки разів, на скільки відрізняється число витків обох обмоток. На виході маємо отримати 12В, і завдяки цим даним маємо змогу розрахувати коефіцієнт трансформації – 18,3 В. (2.3.1).

Далі через діодний міст відбувається перетворення змінної напруги у постійну, можемо спостерігати синусоїдальну форму сигналу. На виході отримуємо позитивні напівперіоди вхідного несучого сигналу. Конденсатор C2 виконує функцію додаткової фільтрації напруг, але не стабілізує її до необхідних параметрів. Тому далі встановлюється блок стабілізації напруги на основі мікросхеми LM317. Наступним іде

конденсатор C3. Коли на виході формується напруга, воно проходить через конденсатор C3, який виконує функцію запобігання виникнення імпульсного впливу на схему під час перехідних процесів. На виході отримуємо стабілізовану напругу 12В. Далі ця напруга подається на вхід понижуючого перетворювача напруги LM2596, для того, щоб на виході мати стабільну напругу до 5В, яка надходить далі в схему для живлення її елементів.

Основою даної принципової схеми та головним обчислювальним блоком є мікроконтролер ATmega328, на схемі позначений як DD1, адже його показники задовольняють усі параметри розробленої системи. Конденсатори C8, C9 та резонатор Y1 підключені до схеми задля виконання функції генератора. Кнопка SB1 – виконує функцію перезавантаження мікроконтролера.

Далі до схеми підключений блок цифрових датчиків температури – BK1-BK7. Згідно з datasheet рекомендовано: між входом і цифровим виходом до кожного з датчиків під'єднати резистор, який виконуватиме функцію стягуючого резистора (на схемі резистори R5-11R, відповідно).

X1 – перемикач «мама-папа». Конденсатори C7, C6 – необхідні для живлення схеми. C7 – електролітичний конденсатор, який виконує функцію додаткової фільтрації сигналу схеми. KV1-KV5 – реле, KV1-KV3 – реле для спрацювання електромеханічного клапана (триходового), KV4-KV5 – реле для компресора, який включається у випадку, якщо необхідно відібрати надлишок температури з блоку зала чи кухні.

SF1 – герконове реле, у даному випадку виконує функцію лічильника води. Принцип дії: на крильчатці міститься магніт, коли поступає вода – крильчатка починає обертатися, і коли вона виконує повний оберт – формується імпульс, закривається геркон і даний імпульс надходить на цифровий вхід мікроконтролера.

DD2 – блок подавлення брязкіту контактів (мікросхема виключного АБО). Принцип дії: реле замикається, іде затримка в часі (2-3 мс), яка залежить від конденсатора C10 і резистора R13, таким чином контакт замикається, через деякий відрізок часу формується новий імпульс, брязкіт контактів пройшов й на вхід мікроконтролера подається чистий сигнал, без шумів.

Висновок

В даному розділі розроблено алгоритм роботи системи керування гарячим водопостачанням, що приведено на кресленні - МРП.171.071.002.СА. Була створена структурна схема, яка приведена на кресленні

-

МРП.171.071.002 Е1. Розроблена та розрахована принципова схема, що забезпечує вирішення задач, що стоять перед даною системою. Принципова схема приведена на кресленні - МРП.171.071.002 Е3.

3 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

Розрахунок коефіцієнта трансформації

Коефіцієнт трансформації для понижуючого трансформатора напруги розраховується по формулі 2.3.1:

$$K = \frac{N1}{N2} = \frac{U1}{U2}; \quad (2.3.1)$$

U1 – напруга на первинній обмотці трансформатора;

U2 – напруга на вторинній обмотці трансформатора;

На виході по ТЗ маємо отримати 12В, отже коефіцієнт трансформації:

$$K = \frac{220}{12} = 18,33$$

Розрахунок номіналів елементів понижуючого перетворювача напруги

Вихідна напруга для мікросхеми LM2596 при даному підключенні розраховується за формулою [ссылка на лит. даташита микросхемы LM2596]:

$$U_{out} = U_{REF} \left(1 + \frac{R4}{R3} \right).$$

Виходячи із технічних характеристик даної мікросхеми: $U_{REF} = 1,23 \text{ В}$.

$$R4 = R3 \left(\frac{U_{out}}{U_{REF}} - 1 \right).$$

Використаємо резистор R3 номіналом 1кОм з похибкою в 1%, для найкращої стабільності роботи перетворювача напруги. Вихідна напруга U_{out} має дорівнювати 5В, розрахуємо номінал резистора R4:

$$R4 = 1000 \left(\frac{5}{1,23} - 1 \right) = 3065 \text{ Ом} = 3,065 \text{ кОм}.$$

Округлюємо значення за таблицею E24 і маємо $R4 = 3 \text{ кОм}$.

Виходячи із технічних параметрів мікросхеми використаємо наступні елементи:

C1 – 470 мкФ, 50 В;

C4 – 270 нФ, 35 В;

C5 – 220 нФ, 35 В;

VD3 – 5 А, 40 В (1N5825);

L2 – 68 мкГн, L38

Розрахунок номіналів елементів стабілізатора напруги

Напруга на виході при даному підключенні мікросхеми LM317 розраховується за формулою:

$$U0 = U_{ref} \left(1 + \frac{R2}{R1} \right) + I_{adj} \cdot R2;$$

На виході стабілізатора маємо отримати напругу $U0=12\text{В}$.

Задамо струм $I_{adj}=50\mu\text{A}$, та $R_2 = 20\text{ кОм}$.

Виходячи із технічних характеристик даної мікросхеми: $U_{REF} = 1,25\text{ В}$.

Розрахуємо номінал резистору R_1 :

$$R_1 = \frac{R_2}{\frac{U_0 - I_{adj} \cdot R_2}{U_{ref}} - 1} = \frac{20000}{\frac{12 - 50 \cdot 10^{-6} \cdot 20000}{1,25} - 1} = 2,6\text{ кОм}$$

Округлюємо значення за таблицею E24 і маємо $R_1 = 2,7\text{ кОм}$.

Розрахунок споживаної потужності принципової схеми

Споживаний струм мікроконтролера в активному режимі згідно технічній специфікації $I_1 = 0,3\text{ мА}$.

Споживаний струм цифрового термодатчика згідно специфікації до

$I_2 = 1,5\text{ мА}$.

Споживаний струм реле LEG5 на управляючій котушці згідно даташиту для 5В $I_3 = 72\text{ мА}$.

Споживаний струм геркону $I_4 = 5\text{ мА}$.

Розраховуємо споживаний струм схеми:

$$I_s = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = 0,3 + 1,5 \cdot 7 + 72 \cdot 5 + 5 = 375,8\text{ (мА)} = 0,376\text{ (А)}$$

Згідно технічних характеристик перетворювача напруги максимальний струм $I_{max} = 3\text{ А}$.

При цьому споживана потужність:

$$P_s = I_s \cdot U_0$$

$U_0 = 5\text{ В}$ на виході понижуючого перетворювача напруги.

$$P_s = 0,376 \cdot 5 = 1,879 \approx 2\text{ (Вт)}$$

Отже, споживана потужність відповідає вимогам технічного завдання.

Висновок

В розділі розраховані елементи принципової схеми системи гарячого водозабезпечення. А саме, були розраховані елементи схеми стабілізації напруги, схеми перетворювача DC-DC з 12 В на 5 В. Також були розраховані номінали елементів стабілізатора напруги. А завдяки розрахунку споживаної потужності принципової схеми, переконалася, що споживана потужність відповідає вимогам технічного завдання.

4. ПРОПОЗИЦІЯ ДО СТАРТАП-ПРОЕКТУ

Використання альтернативних джерел енергії для мікроконтролерних систем гарячого водозабезпечення є перспективним напрямком розвитку автоматизованих «розумних» структур управління будівель житлового і промислового типу. Нові альтернативні джерела енергії стають все більш популярними та отримують прихильність споживачів, які долучають їх до опалювальних систем, та систем гарячого водозабезпечення, оскільки витрати на енергоносії продовжують зростати.

В даній роботі запропоновано розроблення мікроконтролерної системи керування гарячим водозабезпеченням на базі Arduino мікроконтролера ATmega328 з використанням найбільш ефективних й альтернативних джерел енергії. Тобто використання енергії сонячного випромінювання, роботи потужних теплових насосів, земельного контура - дає змогу користувачу в подальшому майже не витратити кошти на оплату опалення. Також це стосується покращення екологічного стану міста, через використання природних джерел, які не виділяють жодних токсичних речовин в атмосферу.

Що стосується ціноутворення такої системи: для того, щоб усі невичерпні природні джерела працювали цілий рік, не зважаючи на погодні умови доведеться встановлювати більш складні природні енергетичні блоки, які коштують на порядок дорожче, через високий рівень чутливості й мінімальні теплові втрати. Але це стосується лише країн з великою кількістю хмарних днів на рік.

Розроблювана мікроконтролерна система керування гарячим водопостачанням завдяки своїй автоматизованості - є актуальною для житлових будинків зі «смарт-системами» управління. Окремо можна виділити впровадження даної системи у місцях громадського харчування, де завдяки встановленню теплообмінників у залі й кухні – стає можливим відмова від центрального гарячого водопостачання. І у громадському місці окупованість такої відбуватиметься швидше (якщо взяти до уваги нинішні ціни на електроенергію і особливо на газ – термін окупності скорочуються до 2-3 років).

Що стосується перспектив використання розробленої системи на світовому ринку систем гарячого водозабезпечення: враховуючи той факт, що вона відповідає усім новітнім тенденціям щодо підтримки

теплового балансу і керування системи за рахунок мікроконтролера на базі Arduino – розроблена система є конкурентоспроможною серед інших схожих систем водозабезпечення.

Висновок до стартап-проекту

Було створено стартап проект спираючись на розроблену мікроконтролерну систему керування. Розглянуто актуальність, ефективність й ціноутворення даної системи. У підсумку можу зазначити, що розроблена системі є цілком конкурентноспроможною на світовому ринку автоматизованих систем керування водозабезпечення приміщень і громадських споруд. Негативною рисою даного проекту є висока вартість деяких елементів, але якщо впроваджувати розроблену систему у місцях громадського користування, та взяти до уваги нинішні тарифи на електроенергію й опалення – вона цілком відповідає своїй вартості й окупність скоротиться до 2-3 років, замість 5-10 років.

ВИСНОВКИ

Використання альтернативних джерел енергії є перспективним рішенням для багатьох задач, що пов'язані з енергією в різних її проявах. Якщо ми перейдемо до використання перерозділу теплової енергії, виробленої з цих джерел, то кількість викидів двоокису вуглецю із звичайних джерел енергії буде значно скорочено, а проблема глобального потепління буде вирішена через кілька років. Також можна зберегти традиційні енергоносії, що швидко виснажуються. У випадку необхідності забезпечення максимального рівня комфорту, раціональності витрати коштів та стабільності у використанні пристрою – є сенс звернути увагу на можливість додавання ґрунтового теплового насоса до автоматизованої системи забезпечення будівлі гарячим водопостачанням. Адже ґрунтові теплові насоси використовують в якості джерела - тепло землі. З усіх типів насосів відрізняються найвищим і найстабільнішим ККД, який не залежить від зовнішньої температури. Якщо провести аналіз статистики працюючих на сьогоднішній день систем із залученням альтернативних теплообмінників – у більшості використовується тепловий насос типу «повітря-вода», через вдале відношення ціни пристрою, до якості набору функцій і оптимальної кількості енерговитрат.

При проектуванні системи керування даного типу гарячого водопостачання важливим є урахування характеру експлуатації споруди. Спираючись на обраний характер експлуатації будівлі, обираються:

- необхідні функції (опалення, ГВП, кондиціювання),
- потрібну кількість гарячої води та її температуру (максимальна температура в бойлері $+70^{\circ}\text{C}$)
- можливість приєднання альтернативних джерел тепла (сонячних колекторів, котлів) і інші умови.

Доповнення мікроконтролерної системи ГВд із альтернативними джерелами енергії у вигляді геліотермальної системи, дає змогу практично повністю перейти на сонячну енергію для гарячого водопостачання в літній час. А при використанні сонячних ВТК виникає можливість переходу на енергію сонячного випромінювання майже на 365 днів, не зважаючи на різні пори року. Найбільшим мінусом даного приладу є його вартість і довгострокова окупність.

При розробленні даної системи керування гарячим водозабезпеченням з використанням альтернативних джерел енергії було виконано аналіз найефективніших джерел альтернативної енергії, приведені усі плюси і мінуси встановлення й користування даними пристроями для забезпечення гарячого водопостачання. Підібрано елементарну базу для реалізації електричної схеми, з урахуванням найбільш ефективних, і в той самий час – рентабельних компонентів проекту. Розроблено алгоритм роботи системи керування гарячим водопостачанням, що приведено на кресленні - МРП.171.071.002.СА. Була створена структурна схема, яка приведена на кресленні -

МРП.171.071.002 Е1. Розроблена та розрахована принципова схема, що забезпечує вирішення задач, що стоять перед даною системою. Принципова схема приведена на кресленні - МРП.171.071.002 Е3.

Були розраховані елементи принципової схеми системи гарячого водозабезпечення. А саме, були розраховані елементи схеми стабілізації напруги, схеми перетворювача DC-DC з 12 В на 5 В. Також були розраховані номінали елементів стабілізатора напруги. А завдяки розрахунку споживаної потужності принципової схеми, переконалася, що споживана потужність відповідає вимогам технічного завдання.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бесекерский В. А., Попов Е. П. Теория систем автоматического регулирования, издание третье, исправленное. Москва, издательство «Наука», Главная редакция физико-математической литературы, 2007.
2. Зайцев Г. Ф. Теория автоматического управления и регулирования.— 2-е изд., перераб. и доп. Киев, Издательство Выща школа Головное издательство, 2009.
3. Ким Д. П. Теория автоматического управления. Т. 1. Линейные системы. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. - 288 с. - ISBN 5-9221-0379-2.
4. Ким Д. П. Теория автоматического управления. Т. 2. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы: Учеб. пособие. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 64 с. - ISBN 5-9221-0534-5.
5. Сборник задач по теории автоматического регулирования и управления/ Под редакцией В. А. Бесекерского. - М.: Наука, 2008.
6. Евстифеев, А.В. «Микроконтроллеры AVR семейств Tiny и Mega фирмы «ATMEL» » / А.В. Евстифеев – М.: Додэка-XXI, 2004. – 562 с.
7. Шпак, Ю.А. «Программирование на языке С для AVR и PIC микроконтроллеров.» / Ю.А.Шпак – К.: МК-Пресс, 2006. – 400с.
8. [Datasheet](http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2486.pdf) ATmega8 [Электронный курс] / Продукты, приложения, технологии atmel. – Режим доступа: [www/](http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2486.pdf) URL: http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2486.pdf – [Datasheet](#) ATmega8
9. Водоснабжение и канализация дома и участка. - М.: Оникс, 2014. - 224 с.
10. Водоснабжение и канализация. - М.: Диля, 2008. - 160 с.
11. Гончар, В. В. Автономные (децентрализованные) системы горячего водоснабжения / В.В. Гончар. - М.: АСВ, 2010. - 217 с.
12. Государственные элементные сметные нормы на пусконаладочные работы. ГЭСНп-2001. Часть 9. Сооружения водоснабжения и канализации. - М.: ФГУ ФЦЦС, 2009. - 996 с.
13. Добромислов, А. Я. Водоснабжение, канализация. Противопожарная безопасность. Практические рекомендации по проектированию и строительству трубопроводных систем, в том числе с применением пластмассовых труб / А.Я. Добромислов, Е.Е. Кирюханцев. - М.: АВОК-ПРЕСС, 2008. - 908 с.
14. Иван, Никитко Водоснабжение, канализация и отопление загородного дома / Никитко Иван. - М.: Питер, 2013. - 532 с.

15. Котельников, В. С. Водоснабжение и канализация загородного дома / В.С. Котельников. - М.: Феникс, 2015. - 192 с.
16. Котельников, С. А. Водоснабжение и канализация в доме в вопросах и ответах / С.А. Котельников. - М.: Оникс, 2012. - 192 с.
17. Котельников, Сергей Александрович Водоснабжение и канализация в доме в вопросах и ответах / Котельников Сергей Александрович. - М.: Оникс-ЛИТ, 2012. - **926** с.
18. Крейс, В.А. Водоснабжение и канализация на участке / В.А. Крейс. - М.: Эксмо, 2014. - **312** с.
19. Морозов, И. А. Водоснабжение и канализация загородного дома / И.А. Морозов. - Москва: **Наука**, 2011. - 264 с.
20. Назарова, В. И. Водоснабжение загородного дома. Трубные и буровые колодцы, скважины / В.И. Назарова. - М.: Рипол Классик, 2011. - **206** с.
21. Назарова, В.И. Водоснабжение загородного дома. Трубные и буровые колодцы, скважины / В.И. Назарова. - М.: Книга по Требованию, 2011. - **737** с.
22. Нарыков, В. И. Гигиена водоснабжения / В.И. Нарыков, Ю.В. Лизунов, М.А. Бокарев. - М.: СпецЛит, 2011. - 120 с.
23. Николадзе, Г.И. Водоснабжение / Г.И. Николадзе. - М.: Стройиздат, **2008**. - 248 с.
24. Николаева, Т. А. Водоснабжение в сельской местности / Т.А. Николаева, А.И. Ицкова. - М.: Медицина, **1978**. - **357** с.
25. Орлов, Е.В. Водоснабжение. Водозаборные сооружения. Учебное пособие / Е.В. Орлов. - М.: Ассоциация строительных вузов (АСВ), 2015. - **677** с.
26. Отставнов, А.А. Водоснабжение и водоотведение общественных зданий (+ CD-ROM): моногр. / А.А. Отставнов. - М.: АВОК-ПРЕСС, 2011. - **458** с.
27. Павлинова, И. И. Водоснабжение и водоотведение / И.И. Павлинова, В.И. Баженов, И.Г. Губий. - М.: Юрайт, 2012. - 472 с.
28. Безопасность жизнедеятельности. Под ред. Л.А. Муравья. - 2-е изд. переработано и дополнено - М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. - 431 с.
29. Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие для вузов Н.П. Кукин, В.Л. Лапин, Н.Л. Пономарёв. - 2-е изд. исп. и доп. М.: Высшая школа, 2001. - 319 с.
30. Горчакова Л. И., Лопатин М. В. Экономические расчёты в дипломных проектах по техническим специальностям. Изд-во СПбГПУ, 2003. 28с.
31. Ключева А. С. Наладка средств автоматизации и автоматических систем регулирования. Справочное пособие. 2-е издание. Москва Энергоавтомиздат 1989г.
32. Мухин В. С., Саков И. А. Приборы контроля и средства автоматики тепловых процессоров. Москва.

33. Сольников Р. И. Автоматизация проектирования систем автоматического управления. Москва «Высшая школа» 1991 г.